

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Februar 2001 (15.02.2001)

PCT

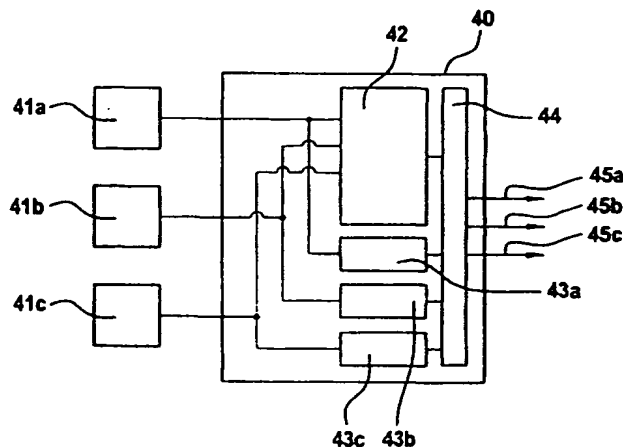
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/10658 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B60C 23/06 [DE/DE]: Guerickestrasse 7, D-60488 Frankfurt am Main (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/05284
- (22) Internationales Anmeldedatum: 8. Juni 2000 (08.06.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
199 37 005.2 6. August 1999 (06.08.1999) DE
100 15 230.9 27. März 2000 (27.03.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GRIESSER, Martin [DE/DE]: An den Krautgärten 23, D-65760 Eschborn (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG; Guerickestrasse 7, D-60488 Frankfurt am Main (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- Veröffentlicht: — Mit internationalem Recherchenbericht.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE DETECTION OF A PRESSURE DROP IN A TIRE OF A VEHICLE WHEEL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERKENNUNG DES DRUCKVERLUSTS IN EINEM REIFEN EINES RADES EINES FAHRZEUGS



(57) Abstract: The invention relates to a method for detecting a pressure drop in a tire of a vehicle involving the following steps: determination of a measuring parameter from the wheel radius or from parameters which reflect the size of the radius of the vehicle wheels, whereby the measuring parameter is a quotient of two sums of two wheel radii or parameters, which reflect said wheel radii of a pair of vehicle wheels; comparison of the measured parameter with a threshold value and detection of the drop in pressure taking into account the result of the comparison, whereby several measuring parameters relating to different pairs of wheel are determined. A drop in pressure in a given vehicle wheel is only detected when all vehicle's measuring parameters all identify the said wheel as the one with a possible drop in pressure.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/10658 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Erkennung des Druckverlusts in einem Reifen eines Rades eines Fahrzeugs hat die Schritte: Ermitteln einer Prüfgröße aus den Radradien oder aus Größen, die diese Radradien widerspiegeln, der Räder des Fahrzeugs, wobei die Prüfgröße ein Quotient zweier Summen von je zwei Radradien oder Größen, die diese Radradien widerspiegeln, je eines Paares von Fahrzeugrädern ist, Vergleichen der Prüfgröße mit einem Schwellenwert, und Erkennen eines Druckverlusts beziehend auf das Ergebnis des Vergleiches, wobei beziehend auf unterschiedliche Radpaarungen mehrere Prüfgrößen ermittelt werden, und nur dann auf einen Druckverlust erkannt wird, wenn ein bestimmtes Fahrzeugrad durch alle Prüfgrößen als Rad mit möglichem Druckverlust ausgewiesen wird.

Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung des Druckverlusts in einem Reifen eines Rades eines Fahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung des Druckverlusts in einem Reifen eines Rades eines Fahrzeugs gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Die Kenntnis des Drucks in den einzelnen Reifen ist aus vielerlei Gründen wünschenswert: Zum einen ist das Fahren mit ungenügendem Reifendruck an sich unsicher, so dass eine Information des Fahrers über ungenügenden Reifendruck an irgendeinem oder an einem bestimmten Rad wünschenswert ist. Darüber hinaus gehen moderne Fahrdynamikregelungen von bestimmten Kraftübertragungsmechanismen zwischen Fahrbahn und Reifen aus. Die Arbeitpunkte der Regelstrategien sind auf diese Annahmen ausgelegt. Wenn der Reifendruck in einem Rad aber unrichtig und insbesondere zu gering ist, stimmen die Voraussetzungen, auf denen die Fahrdynamikregelungen aufbauen, nicht mehr, und letztere sind an die tatsächliche Situation entweder schlecht angepaßt oder können sogar teilweise schädlich sein. Auch zur Beeinflussung von Regelungsstrategien der Fahrdynamikregelung in modernen Kraftfahrzeugen sind also Kenntnisse hinsichtlich der Reifendruckverhältnisse wünschenswert.

Reifendrücke können direkt sensorisch erfaßt werden. Dies erfordert jedoch zusätzlichen Sensor- und Verkabelungsaufwand. Darüber hinaus muß eine Schnittstelle zwischen dem rotierenden Rad und der feststehenden sonstigen Hardware geschaffen werden. Dies ist aufwendig und häufig auch störanfällig. Ein anderes Verfahren ist es, Informationen zu den Reifendruck-

verhältnissen aus den Radsignalen herzuleiten. Radsignale sind radindividuelle Sensorsignale, die eine Information über die Radwinkelgeschwindigkeit enthalten. In modernen Fahrzeugdynamikregelungssystemen gibt es diese Radsignale sowie so, da sie für Funktionen wie ABS oder ESP (elektronisches Stabilitätsprogramm) benötigt werden. Die Radsignale können eine Impulsfolge sein, deren Frequenz ein Maß für die Drehgeschwindigkeit des Rades ist.

Der Mechanismus, anhand dessen aus den Radsignalen ein Rückschluß auf Reifendruckverhältnisse gezogen werden kann, wird anhand von Fig. 1 erläutert. 11 ist ein Rad auf einer Fahrbahn 13. Das Fahrzeug bewegt sich mit der Fahrzeuggeschwindigkeit V_f . Das Rad dreht sich im ordnungsgemäßen Zustand mit der Winkelgeschwindigkeit W_o . V_f und W_o hängen über die Formel $W_o = V_f/R_o$ zusammen, wobei R_o der dynamische Abrollradius ΔR_{dyn} bei normalem Reifendruck des Rades 11 ist. Bezugsziffer 12 zeigt ein Rad mit Druckverlust. Da der Reifendruck geringer ist, die Radbelastung aber in erster Näherung gleich bleibt, verlängert sich der Latsch, mehr Profil wird an die Fahrbahn 13 gedrückt, so dass der dynamische Abrollradius im Fehlerfall R_f kleiner wird. Da aber das fehlerhafte Rad mit der gleichen Fahrzeuggeschwindigkeit V_f wie das ordnungsgemäße Rad fortbewegt wird, ergibt sich entsprechend der obengenannten Formel für das fehlerhafte Rad eine Winkelgeschwindigkeit W_f , die größer ist als die Winkelgeschwindigkeit W_o des ordnungsgemäßen Rades. Da sich die Radwinkelgeschwindigkeit in die Radsignale hinein abbildet, kann somit aus den Radsignalen eine Information bezüglich des Reifendrucks gewonnen werden. Allerdings sind Vorkehrungen zu treffen, um Fehlerfassungen zu vermeiden.

Eine bekannte Strategie hierzu ist es, bezugnehmend auf die Radradien aller Räder des Fahrzeugs eine Prüfgröße zu ermitteln und diese dann zu überprüfen. Die Ermittlung erfolgt so, dass Störgrößen sich gegebenenfalls ausmitteln können. An-

stelle der Radradien können äquivalente Werte verwendet werden, beispielsweise die Radwinkelgeschwindigkeiten (umgekehrt proportional zu den jeweiligen Radradien) oder der Kehrwert der Radwinkelgeschwindigkeiten (direkt proportional zu den Radradien).

Störgrößen sind beispielsweise Kurvenfahrt. Die Räder an der Kurvenaußenseite haben einen größeren Radius zu fahren als die an der Innenseite, so dass die Räder an der Kurvenaußenseite eine höhere Frequenz an ihren Radsignalen zeigen werden, ohne dass dies auf Reifendruckverlust zurückzuführen wäre. Eine andere Störgröße ist Antriebsschlupf. Die Räder an der angetriebenen Achse werden einen leichten Schlupf aufweisen, so dass auch diese Räder im Vergleich zu den nicht angetriebenen Rädern eine höhere Umlaufgeschwindigkeit aufweisen, ohne dass dies auf Reifendruckverlust an den Rädern an der angetriebenen Achse zurückzuführen wäre.

Eine Prüfgröße, die in gewisser Weise gegenüber solchen Störungen unempfindlich ist, kann beispielsweise wie folgt ermittelt werden:

$$PG = \frac{W1 + W3}{W2 + W4}$$

wobei W1 die Winkelgeschwindigkeit des Rades 14 im Fahrzeug 10 der Fig. 2 ist, W2 die Winkelgeschwindigkeit des Rades 15, W3 die Winkelgeschwindigkeit des Rades 16 und W4 die Winkelgeschwindigkeit des Rades 17. Es erfolgt eine diagonale Paarung der Räder, Summenbildung innerhalb der Paare und Quotientenbildung der Summen. Auf diese Weise mitteln sich zumindest einige systematische Fehler, die nicht auf Reifendruckverluste zurückzuführen sind, heraus. Die Prüfgröße kann dann in ihrem Wert untersucht werden. Es können daraus Rückschlüsse auf Reifendruckverhältnisse gezogen werden. Im idealen Fall (alle Räder gleich groß und korrekter Druck), ist der

Quotient 1. Wenn ein Rad Druck verliert, wird dessen Radius bzw. Winkelgeschwindigkeit abweichen, und demzufolge wird auch der Quotient vom idealen Wert abweichen. Aus der Richtung der Abweichung kann auf Einzelheiten hinsichtlich Reifendruckverhältnisse geschlossen werden. Wenn beispielsweise in der obengenannten Formel die Prüfgröße abweichend vom normalen Wert 1 nunmehr den Wert 1,1 hat, kann die bedeuten, dass entweder die Winkelgeschwindigkeit eines der Räder 1 oder 3 größer geworden ist oder dass die Winkelgeschwindigkeit eines der Räder 2 oder 4 kleiner geworden ist. Auch letzteres kann auftreten, beispielsweise indem ein Reifen von der Sonne beschienen wird, dieser sich dadurch aufheizt, der Innendruck und damit sein Radius steigt und seine Winkelgeschwindigkeit sinkt.

Auch das oben beschriebene Verfahren ist jedoch in mancherlei Hinsicht störanfällig.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung des Druckverlusts in einem Reifen eines Rades anzugeben, die zuverlässig arbeiten.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Abhängige Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

Erfindungsgemäß werden mehrere Prüfgrößen bezugnehmend auf mehrere unterschiedliche Radpaarungen ermittelt, und es wird nur dann auf einen Druckverlust erkannt, wenn durch alle ermittelten Prüfgrößen ein bestimmtes Fahrzeugrad als Rad mit möglichem Druckverlust ausgewiesen wird.

Es ist möglich, das Verfahren insofern zweistufig zu betreiben, als anfänglich nur eine Prüfgröße ermittelt wird und nur dann, wenn diese Prüfgröße einen Hinweis auf einen möglichen

Druckverlust ergibt, weitere Prüfgrößen ermittelt und ausgewertet werden.

Die unterschiedlichen Paarungen können sein: Entsprechend den Fahrzeugdiagonalen, entsprechend den Fahrzeugachsen, entsprechend den Fahrzeugseiten.

Die Ermittlung der Prüfgröße(n) kann bezugnehmend auf gegebenenfalls gelernte Korrekturwerte erfolgen. Die Korrekturwerte können fahrdynamikabhängig sein, so dass auch die Korrektur der Prüfgröße fahrdynamikabhängig erfolgt.

Beim Vergleich der Prüfgröße können auch zeitliche Betrachtungen herangezogen werden, etwas dahingehend, ob innerhalb eines bestimmten Zeitraums die Prüfgröße den Schwellenwert für einen bestimmten Zeitanteil erreicht bzw. passiert hat, oder ob die Prüfgröße den Schwellenwert über eine bestimmte Zeitdauer hinweg erreicht bzw. passiert hat. Erst wenn auch diese Zeitbedingungen erfüllt sind, wird auf das Erreichen bzw. Passieren eines Schwellenwertes erkannt, während Einzelereignisse noch nicht dazu führen.

Nachfolgend werden bezugnehmend auf die Zeichnungen einzelne Ausführungsformen der Erfindung erläutert, es zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung zur Erläuterung des Prinzips der Druckverlusterkennung,

Fig. 2 eine Darstellung zur Erläuterung von Radpaarungen,

Fig. 3 ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Erkennungsvorrichtung,

Fig. 4 ein Logikdiagramm zur Darstellung der Erkennungslogik für die Druckverlusterkennung,

Fig. 5 ein Diagramm zur Darstellung der Bedeutung einer Prüfgröße und

Fig. 6 ein Diagramm zur Darstellung des dynamischen Abrollradius und dessen Änderung bei Druckverlust.

Fig. 3 zeigt schematisch eine Erkennungsvorrichtung 30. Sie ist mit Sensorik 31, 32 und Aktorik 33, 34 verbunden. Die Sensorik umfaßt insbesondere die Radsensoren 31a-d (pro Rad ein Radsensor). Daneben können weitere Sensoren vorgesehen sein, beispielsweise für die Fahrdynamik, wie Längsbeschleunigung, Querschleunigung, aber auch für Getriebe, Motordrehzahl usw. Die Aktorik kann insbesondere Ventile 34 für die Bremsenregelung aufweisen, wobei diese Ventile radindividuell vorgesehen sind. Daneben können akustische und/oder optische Ausgabeeinrichtungen 33 vorgesehen sein. Die Erkennungsvorrichtung 30 selbst weist eine Eingangsschnittstelle 22 für die Sensorik auf und eine Ausgangsschnittstelle 26 für die Aktorik. Die Eingangsschnittstelle 22 kann Signalwandlung, gegebenenfalls noch notwendige Analog/Digital-Wandlung, Filterung, Normierung von Signalen umfassen. Die Vorrichtung 30 weist einen internen Bus 21 auf, an den die genannten Schnittstellen 22, 26 angeschlossen sind. Daneben ist ein Festwertspeicher 23 vorgesehen (ROM), eine Recheneinheit 24 (CPU) und ein flüchtiger Speicher 25, die letztgenannten Komponenten sind ebenfalls an den Bus 21 angeschlossen.

Im ROM 23 können Programmcodes und verwendete Konstanten niedergelegt sein. Der flüchtige Speicher 25 kann verschiedene Bereiche aufweisen, beispielsweise 25a und 25b als RAMs und 25c als Registersatz. Der Datenverkehr mit der Sensorik und der Aktorik sowie intern kann durch eine geeignete Steuerung gesteuert werden, beispielsweise anhand von Interrupts.

In der Vorrichtung 30 können insbesondere mit der CPU 24 Prüfwerte ermittelt werden. Ein Prüfwert wird für eine be-

stimmte Radpaarung ermittelt. Fig. 2 zeigt mögliche Radpaarungen P1, P2 und P3. Jede dieser Paarungen weist ein erstes Paar p1 und ein zweites Paar p2 auf. Eine erste Paarung kann über die Fahrzeugdiagonalen erfolgen. Das erste Paar p1 umfaßt dann die Räder 1 und 3 (vorne links und hinten rechts), das zweite Paar p2 umfaßt die Räder 2 und 4 (vorne rechts und hinten links). Eine zweite Radpaarung P2 kann entsprechend den Fahrzeugachsen erfolgen, eine dritte Paarung P3 entsprechend den Fahrzeugseiten. Das einzelne ergibt sich aus der Tabelle in Fig. 2. Der Prüfwert kann bezugnehmend auf Radradien oder -größen, die diese Radradien widerspiegeln (z.B. die Radgeschwindigkeit), aller Räder des Fahrzeugs ermittelt werden. Für eine bestimmte Paarung (z.B. P1) können für die Räder der einzelnen Paare deren jeweilige Werte miteinander verknüpft werden. Die sich ergebenden zwei Einzelgrößen (eine für das erste Paar p1, eine andere für das zweite Paar p2) werden dann ihrerseits zu der Prüfgröße PG verknüpft. Es kann zur Anwendung der folgenden Formel kommen:

$$PG = \frac{W_{p1r1} + W_{p1r2}}{W_{p2r1} + W_{p2r2}}, \quad (1)$$

wobei W_{p1r1} die Geschwindigkeit des ersten Rades des ersten Paares ist, W_{p1r2} die Geschwindigkeit des zweiten Rades des ersten Paares, W_{p2r1} die Geschwindigkeit des ersten Rades des zweiten Paares und W_{p2r2} die Geschwindigkeit des zweiten Rades des zweiten Paares.

Für die Paarung P1 würde sich dann die Prüfgröße gemäß folgender Formel berechnen:

$$PG = \frac{W_1 + W_3}{W_2 + W_4}, \quad (2)$$

wobei W_1 die Winkelgeschwindigkeit des Rades 1 in Fig. 2 bezeichnet, usw. Für die anderen Paarungen ergeben sich dann ähnliche Formeln für die jeweilige Prüfgröße.

Man erkennt, dass in eine wie oben ermittelte Prüfgröße die Radradien bzw. Größen, die diese Radradien widerspiegeln, aller Räder eingehen. Geht man davon aus, dass gleichzeitiger Druckverlust an zwei Rädern sehr unwahrscheinlich ist, kann damit durch Überprüfung dieser einzigen Prüfgröße qualitativ das Vorliegen von Druckverlust erkannt werden. Man erkennt weiter, dass bei den angegebenen Formeln im idealen Fall (alle Räder gleicher Durchmesser) die Prüfgröße den Wert 1 hat, da die Eingangswerte der Quotienten jeweils gleich sind. Somit kann auf das Vorliegen von Druckverlust erkannt werden, wenn die Prüfgröße vom Wert 1 abweicht.

Zur Vermeidung von Fehlerkennungen werden hierbei jedoch Abweichungen zugelassen. Dies ist schematisch in Fig. 5 angedeutet. Eine Prüfgröße hat den idealen Wert 1. Abweichungen nach unten bis zu einer unteren Grenze UG und Abweichungen nach oben bis zu einer oberen Grenze OG würden nicht zu einer Erkennung bzw. Druckverlustvermutung führen. Erst signifikante Abweichungen können erfaßt werden. In Fig. 5 wären also die Bereiche (2) und (3) Toleranzbereiche um den Normwert herum (beispielsweise Normwert $\pm 0,8$ bis 1 %), während die Bereiche (1) und (4) Bereiche wären, in denen auf einen Druckverlust erkannt bzw. ein solcher vermutet wird.

Den oben wiedergegebenen Formeln kann man außerdem entnehmen, dass aus der Richtung der Abweichung auf das Paar gefolgert werden kann, in dem Druckverlust vorliegt. Geht man davon aus, dass z.B. in Formel (2) mit Winkelgeschwindigkeiten gerechnet wird, hat Druckverlust zur Folge, dass entweder im Zähler oder im Nenner des Bruchs ein höherer Wert als normal steht. Demzufolge ergibt sich eine Abweichung entweder nach oben oder nach unten. Anders herum ausgedrückt: Liegt die

Prüfgröße in Fig. 5 beispielsweise im Bereiche (1), hieße dies, dass im Nenner hohe Werte aufgetreten sind. Der Nenner wurde durch die Winkelgeschwindigkeiten der Räder 2 und 4 gebildet. Demnach läge dann entweder am Rad 2 oder am Rad 4 Druckverlust vor. Wenn anders herum die Prüfgröße im Bereich (4) liegt, hieße dies, dass im Zähler hohe Werte aufgetreten sind. Dies hieße, dass entweder am Rad 1 oder am Rad 3 in Fig. 2 Druckverlust vorliegt. Eine Auflösung nach einzelnen Rädern ist hierbei jedoch in der Regel nicht möglich.

Zur weitestmöglichen Vermeidung von Fehlerkennungen ist eine Logik 42, 44 vorgesehen, die bezugnehmend auf mehrere unterschiedliche Prüfgrößen (sich auf unterschiedliche Radpaarungen beziehende Prüfgrößen) eine Druckverlusterkennung vornimmt. In Fig. 4 ist dies schematisch gezeigt. Durch Kästchen 41a-c sind die unterschiedlichen Prüfgrößen symbolisiert, beispielsweise je eine für je eine der Paarungen P1 bis P3 in Fig. 2. Die Logik 42 empfängt alle Prüfgrößen und wertet diese aus. Sie erkennt nur dann auf einen Druckverlust, wenn ein bestimmtes Fahrzeugrad durch alle Prüfgrößen als Rad mit möglichem Druckverlust ausgewiesen wird.

Die Arbeitsweise wird anhand des folgenden Beispiels erläutert: Es wird angenommen, dass das Rad 15 in Fig. 2 vorne rechts (Rad Nr. 2) Druckverlust zeigt und deshalb eine höhere Winkelgeschwindigkeit W_2 aufweist. Weiterhin wird angenommen, dass Prüfgrößen PG1, PG2 und PG3 entsprechend den Paarungen P1, P2 und P3 der Tabelle in Fig. 2 anhand der Winkelgeschwindigkeiten und bezugnehmend auf die oben angegebene Formel (1) ermittelt werden. Aufgrund der erhöhten Winkelgeschwindigkeit von Rad 2 wird demnach die Prüfgröße PG1 einen Wert kleiner als 1 haben, die Prüfgröße PG2 würde einen Wert größer als 1 haben, und die Prüfgröße PG3 würde wieder einen Wert kleiner als 1 haben, je nachdem, ob die zum Rad 2 gehörige Winkelgeschwindigkeit im Zähler oder im Nenner des Bruches steht. Aus der Prüfgröße PG1 würde die Logik 42 folgern,

dass Rad 2 oder 4 Druckverlust aufweist. Aus der Prüfgröße PG2 würde die Logik 42 folgern, dass das Rad 1 oder 2 Druckverlust aufweist, und aus der Prüfgröße PG3 würde die Logik 42 folgern, dass das Rad 2 oder 3 Druckverlust aufweist. Alle Einzelvergleiche weisen damit das Rad 2 als möglichen Kandidaten aus. Da alle Prüfgrößen auf ein gemeinsames Rad mit möglichem Druckverlust verweisen, wird auf einen Druckverlust erkannt. Gegebenenfalls kann auch das Rad konkret identifiziert und ausgegeben werden.

Auf die Erkennung des Druckverlusts hin können unterschiedliche Maßnahmen stattfinden: Es kann eine bestimmte Warnung ausgegeben werden, um einem Fahrer die Situation anzuzeigen. Die Warnung kann optisch und/oder akustisch erfolgen. Darüber hinaus können Regelstrategien für die Fahrzeugdynamik und/oder Regelparameter hierfür an die neue Situation angepasst werden, um den geänderten (ungünstigeren) Verhältnissen Rechnung zu tragen.

In einer Abwandlung kann zunächst nur eine einzelne Prüfgröße ermittelt werden (z.B. bezugnehmend auf Paarung P1 in Fig. 2, Formel 2). Erst wenn sich hier ein Verdacht auf einen Druckverlust ergibt (weil der Wert der Prüfgröße PG1 in Fig. 5 entweder im Bereich (1) oder im Bereich (4) liegt), werden die weiteren Prüfgrößen PG2 und PG3 ermittelt und ausgewertet. Dadurch wird unnötiger dauernd zu treibender Rechenaufwand und damit Belegung von Systemressourcen vermieden.

Für die wie oben beschrieben ermittelten Prüfgrößen können Korrekturwerte vorgesehen werden. Es kann statische und dynamische Korrekturwerte geben. Statische Korrekturwerte tragen unterschiedlichen Reifengeometrien Rechnung. Es kann nicht immer davon ausgegangen werden, dass alle Reifen den gleichen Durchmesser haben. Beispielsweise kann ein Reifen abgefahrener sein als ein anderer, so dass dessen Durchmesser sinkt. Außerdem können Notlaufräder andere Durchmesser haben. Solche

sich langsam einstellende Veränderungen (oder lange dauernde Veränderungen) können gelernt und als Korrekturwert für die Prüfgröße verwendet werden. Äquivalent hierzu ist die Korrektur des Schwellenwerts, anhand dessen die Prüfgröße abgefragt wird. Darüber hinaus können fahrdynamikabhängige Korrekturen für die Prüfgröße ermittelt werden, etwa um Effekte aufgrund der Kurvendynamik oder von Radschlupf auszugleichen. Es werden dann die korrigierten Prüfgrößen mit dem Schwellenwert verglichen, oder es werden Prüfgrößen mit korrigierten Schwellenwerten verglichen.

Beim Vergleich einer (gegebenenfalls korrigierten) Prüfgröße mit einem (gegebenenfalls korrigierten) Schwellenwert können auch Zeitbetrachtungen angestellt werden. Ziel ist es, dass nicht ein einzelner, kurzzeitiger Signalausreißer zu einer Fehlentscheidung führt. So kann beispielsweise überprüft werden, ob die Prüfgröße innerhalb eines bestimmten Zeitfensters für einen bestimmten Zeitanteil innerhalb des Fensters den Schwellenwert erreicht bzw. passiert hat. Es kann auch überprüft werden, ob das Erreichen bzw. Passieren des Schwellenwerts für einen bestimmten Zeitraum ununterbrochen andauert. Nur wenn dies der Fall ist, wird im Vergleich auf ein Erreichen bzw. Passieren des Schwellenwerts erkannt.

Sofern die obengenannten Zeitbetrachtungen stattfinden, können die Zeiträume bzw. -fenster für korrigierte Prüfgrößen kürzer als für nicht korrigierte Prüfgrößen gesetzt werden.

Sofern sowohl korrigierte als auch nicht korrigierte Prüfgrößen vorliegen, ist es auch möglich, die genannten zeitlichen Betrachtungen lediglich für nicht korrigierte Prüfgrößen vorzunehmen, während bei korrigierten Prüfgrößen auf punktuelle Vergleiche abgestellt wird.

Neben der Logik 42, 44 zur Auswertung aller ermittelten Prüfgrößen können Auswertungen bzw. Logikteile 43a, 43b und 43c

oder Vergleichseinrichtungen für die einzelnen Prüfgrößen vorgesehen sein, die ihrerseits bestimmte Überprüfungen anstellen. Das Ergebnis dieser Einzelüberprüfungen 43a-c wird durch die Ausgangslogik 44 aufgenommen und zu Ausgangssignalen 45 verknüpft. 45a kann ein eine Warnung veranlassendes Ausgangssignal sein. 45b kann ein Flag sein, das qualitativ auf interne Vorgänge einwirkt (beispielsweise Wahl von Parametersätzen, Wahl von Regelungsstrategien), und 45c kann ein quantitatives Signal sein, das quantitative Informationen über den Reifendruckverlust verfügbar macht (Rad, Ausmaß des Druckverlusts, usw.).

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der entsprechenden Vorrichtung ist es nicht nur möglich, eine Änderung des dynamischen Abrollradius und der dadurch hervorgerufenen Geschwindigkeitsänderung eines Rades festzustellen, sondern es wird auch erkennbar, ob sich dieses Rad schneller oder langsamer dreht als die übrigen. Eine höhere Radgeschwindigkeit wird als eindeutiger Hinweis auf einen Druckverlust gewertet. Ein langsames Drehen eines Rades im Vergleich zu den Drehgeschwindigkeiten der übrigen Räder wird dagegen entweder als "normal" angesehen und daher nicht oder erst dann als Hinweis auf einen Druckverlust aufgefasst, wenn die Abweichung einen relativ hohen Grenzwert th_3 im Vergleich zu den Geschwindigkeiten oder den dynamischen Abrollradien ΔR_{dyn} der übrigen Räder überschreitet.

Fig. 6 veranschaulicht diese Art der Bewertung. ΔR_0 ist der Normalwert des dynamischen Abrollradius in der hier betrachteten Situation. Eine Abweichung des dynamischen Abrollradius ΔR_{dyn} von kleiner 0,8 bis 1% des schneller laufenden Rades von den dynamischen Abrollradien der übrigen Räder wird als innerhalb der Toleranz liegend angesehen, eine höhere Abweichung des dynamischen Abrollradius ΔR_{dyn} , also ein über dem Grenzwert th_1 (siehe Fig. 6) liegender Wert des dynamischen

Abrollradius ΔR_{dyn} , wird dagegen als Hinweis auf Druckverlust gewertet.

Es wurde festgestellt, dass entgegen dem üblichen Verhalten, bei dem bei Druckverlust im Reifen eine Radgeschwindigkeitserhöhung auftritt, bei manchen Reifen, insbesondere notlauf-fähigen Reifen, sogenannten Run-Flat-Reifen, Druckverlust zu einer geringeren Radgeschwindigkeit führt. Die Wirkrichtung ist damit genau ins Gegenteil verkehrt. Da ein langsames Drehen jedoch auch eine natürliche Ursache, z.B. einseitig schneebedeckte Straße (μ -split), haben kann, wird die Schwelle th_3 für ein Druckverlusterkennung bei langsamer drehendem Rad relativ hoch gelegt, wie dies aus Fig. 6 zu ersehen ist. Der in Fig. 6 markierte Bereich zwischen den Grenzwerten th_2 und th_3 wird daher aus dem Erkennungsbereich gewissermaßen ausgeblendet.

In einer bestimmten Ausführungsform kann deshalb die Logik 42 eine Abfrage nicht nur dahingehend vornehmen, ob alle Prüfgrößen ein Rad als schneller ausweisen (im obengenannten Beispiel Rad 2), sondern auch dahingehend, ob alle Prüfgrößen ein Rad als langsamer ausweisen. Die zuletzt genannte Überprüfung aller Prüfgrößen auf ein zu langsam laufendes Rad hin kann analog dem obengenannten Beispiel wieder zur Ausweisung eines einzelnen Rades als ein zu langsam laufendes Rad führen. Dies kann dann als Druckverlusterkennung dienen und zu den gleichen oder ähnlichen Maßnahmen wie oben beschrieben führen.

Das gesamte System kann als digitales System implementiert sein. Die einzelnen Systemkomponenten (funktional, nicht im Hinblick auf Hardware) können so ausgelegt sein, dass sie auf verschiedene Hardwarekomponenten verteilt werden und ihre Koordination durch ein geeignetes Betriebssystem übernommen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung des Druckverlusts in einem Reifen eines Rades, mit den Schritten
 - Ermitteln einer Prüfgröße aus den Radradien oder aus Größen, die diese Radradien widerspiegeln, der Räder des Fahrzeugs, wobei die Prüfgröße ein Quotient zweier Summen von je zwei Radradien oder Größen, die diese Radradien widerspiegeln, je eines Paares von Fahrzeugrädern ist,
 - Vergleichen der Prüfgröße mit einem Schwellenwert, und
 - Erkennen eines Druckverlusts bezugnehmend auf das Ergebnis des Vergleiches,dadurch **gekennzeichnet**, dass bezugnehmend auf unterschiedliche Radpaarungen mehrere Prüfgrößen ermittelt werden, und nur dann auf einen Druckverlust erkannt wird, wenn ein bestimmtes Fahrzeugrad durch alle Prüfgrößen als Rad mit möglichem Druckverlust ausgewiesen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass nur dann auf einen Druckverlust erkannt wird, wenn ein bestimmtes Fahrzeugrad als schneller drehendes Rad erkannt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass nur dann auf einen Druckverlust erkannt wird, wenn die Abweichung der Drehgeschwindigkeit des schneller drehenden Rades von der Drehgeschwindigkeit der übrigen Räder oder die Abweichung des dynamischen Abrollradius (ΔR_{dyn}) von den dynamischen Abrollradien der übrigen Räder einen vorgegebenen Grenzwert (th_1) überschreitet.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, dass als Grenzwert (th_1) eine Abweichung des dynamischen Abrollradius (ΔR_{dyn}) von etwa 0,8% bis 1% von den dynamischen Abrollradien (ΔR_{dyn}) der übrigen Räder vorgegeben wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass auf einen Druckverlust erkannt wird, wenn ein bestimmtes Fahrzeugrad als schneller drehendes Rad oder als langsamer drehendes Rad im Vergleich zu den übrigen Fahrzeugrädern erkannt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, dass nur dann auf einen Druckverlust erkannt wird, wenn die Abweichung der Drehgeschwindigkeit des schneller oder langsamer drehenden Rades oder die Abweichung des dynamischen Abrollradius (ΔR_{dyn}) des schneller oder langsamer drehenden Rades von den dynamischen Abrollradien der übrigen Räder vorgegebene Grenzwerte (th_1 , th_3) überschreitet.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, dass als Grenzwert (th_1) für die Druckverlusterkennung eines schneller drehenden Rades eine Abweichung des dynamischen Abrollradius (ΔR_{dyn}) dieses Rades von etwa 0,8% bis 1% von den dynamischen Abrollradien (ΔR_{dyn}) der übrigen Räder und als Grenzwert (th_3) für die Druckverlusterkennung eines langsamer drehenden Rades eine Abweichung des Abrollradius dieses Rades von etwa 1,5 % vorgegeben werden.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, dass zunächst Bezugnehmend auf eine erste Radpaarung eine erste Prüfgröße ermittelt wird, wobei nur dann Bezugnehmend auf weitere Radpaarungen weitere Prüfgrößen ermittelt werden, wenn der Ver-

gleich der ersten Prüfgröße einen Hinweis auf einen möglichen Druckverlust gibt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch **gekennzeichnet**, dass die erste Radpaarung die zwei Paare von Rädern an den Fahrzeugdiagonalen ist.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass drei Prüfgrößen ermittelt werden, nämlich für eine erste Radpaarung betreffend die zwei Paare von Rädern an den zwei Fahrzeugdiagonalen, eine zweite Radpaarung betreffend die zwei Paare von Rädern an den zwei Fahrzeugseiten und eine dritte Radpaarung betreffend die zwei Paare von Rädern an den zwei Fahrzeugachsen.
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass eine Prüfgröße bezugnehmend auf gegebenenfalls gelernte Korrekturwerte ermittelt wird.
12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass bei Vergleich einer Prüfgröße mit einem Schwellenwert bzw. Grenzwert Betrachtungen über einen bestimmten Zeitraum und/oder über statistische Absicherung der Ergebnisse angestellt werden.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Betrachtungszeitraum für eine nach Anspruch 11, ermittelte Prüfgröße kürzer als für eine ohne Korrektur ermittelte Prüfgröße ist.

14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Prüfgröße PG bezugnehmend auf die Formel

$$PG = \frac{Wp1r1 + Wp1r2}{Wp2r1 + Wp2r2}$$

ermittelt wird, wobei Wp1r1 die Geschwindigkeit des ersten Rades des ersten Paares ist, Wp1r2 die Geschwindigkeit des zweiten Rades des ersten Paares, Wp2r1 die Geschwindigkeit des ersten Rades des zweiten Paares und Wp2r2 die Geschwindigkeit des zweiten Rades des zweiten Paares.

15. Vorrichtung zur Erkennung des Druckverlusts in einem Reifen eines Rades (14 - 17) eines Fahrzeugs (10), insbesondere zur Durchführung des Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, mit:

- einer Ermittlungseinrichtung (24, 41) zum Ermitteln einer Prüfgröße aus den Radradien oder aus Größen, die diese Radradien widerspiegeln, der Räder des Fahrzeugs, wobei die Prüfgröße ein Quotient zweier Summen von je zwei Radradien oder Größen, die diese Radradien widerspiegeln, je eines Paares von Fahrzeugrädern ist,
- einer Vergleichseinrichtung (24, 43) zum Vergleichen der Prüfgröße mit einem Schwellenwert, und
- eine Erkennungseinrichtung (44) zum Erkennen eines Druckverlusts bezugnehmend auf das Ergebnis des Vergleiches,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Ermittlungseinrichtung (41 a - c) bezugnehmend auf unterschiedliche Radpaarungen mehrere Prüfgrößen ermittelt, und

dass eine Logik (42) vorgesehen ist, die nur dann auf einen Druckverlust erkennt, wenn ein bestimmtes Fahrzeugrad

durch alle Prüfgrößen als Rad mit möglichem Druckverlust ausgewiesen wird.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **gekennzeichnet** durch eine Steuerung, die die Ermittlungseinrichtung so steuert, dass zunächst bezugnehmend auf eine erste Radpaarung eine erste Prüfgröße ermittelt wird, wobei nur dann bezugnehmend auf weitere Radpaarungen weitere Prüfgrößen ermittelt werden, wenn der Vergleich der ersten Prüfgröße einen Hinweis auf einen möglichen Druckverlust gibt.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Ermittlungseinrichtung eine Korrektureinrichtung aufweist, die die Prüfgröße bezugnehmend auf gegebenenfalls gelernte Korrekturwerte ermittelt.

Fig. 1

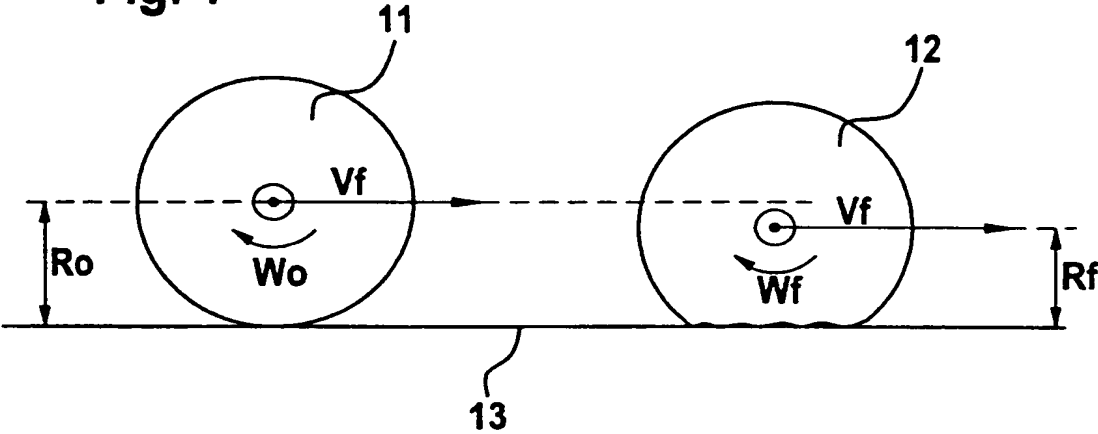
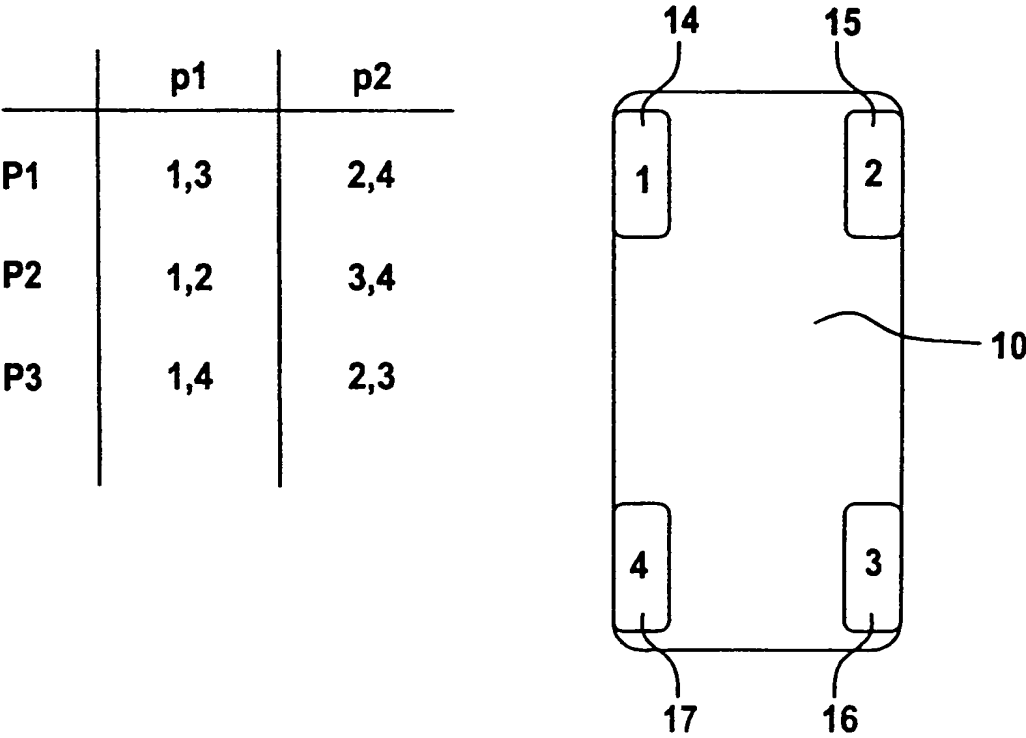


Fig. 2



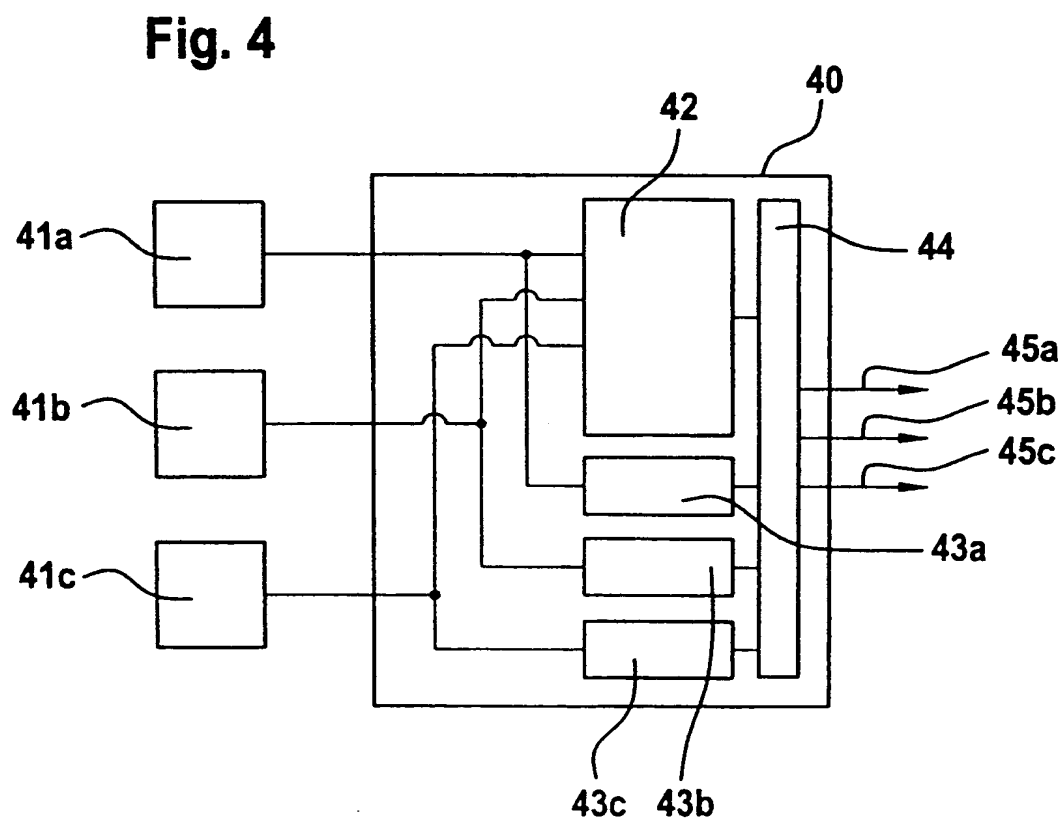
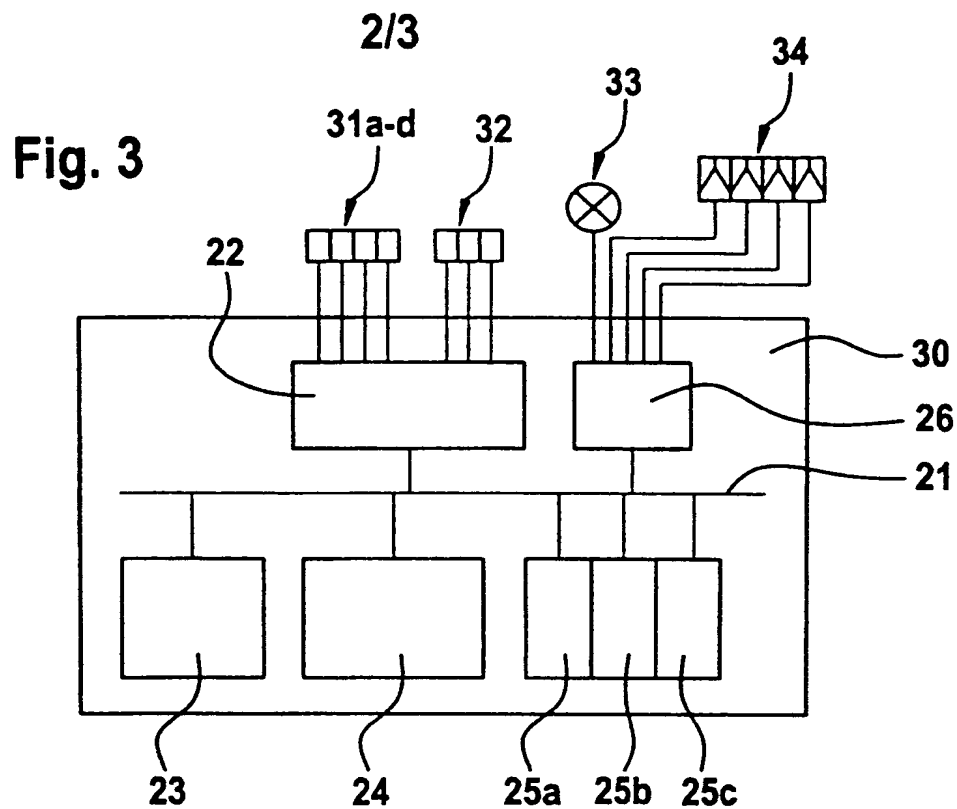
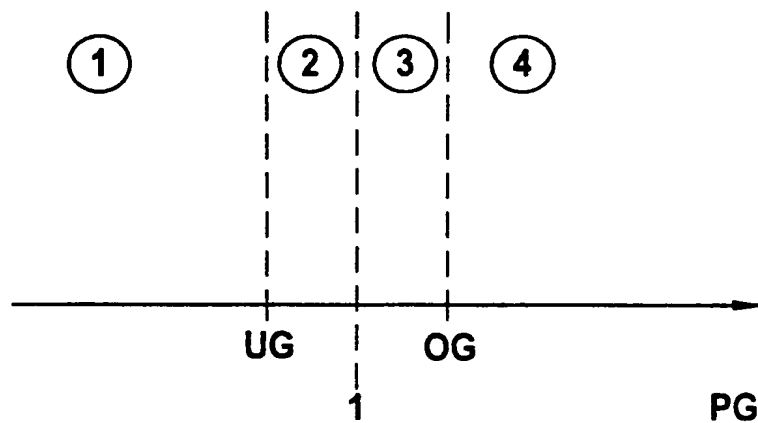


Fig. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter national Application No

PCT/EP 00/05284

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B60C23/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B60C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 19 393 A (BOSCH GMBH ROBERT) 30 January 1997 (1997-01-30) column 2, line 1 - line 40 column 4, line 25 - column 5, line 60; figures 1,2A-2G	1-3,5,6, 12,15
A		4,7,8, 10,11, 13,14, 16,17

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 September 2000

Date of mailing of the international search report

06/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Smeyers, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/05284

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19619393 A	30-01-1997	JP 9039526 A	10-02-1997
		US 5712616 A	27-01-1998
<hr/>			

PCT/EP 00/05284

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/05284

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19619393 A	30-01-1997	JP 9039526 A	10-02-1997
		US 5712616 A	27-01-1998

THIS PAGE BLANK (USPTO)